维普资讯 http://www.cqvip.com



# 变质作用中的地质温压计*

董申保

（北京大学地质系）

提要 作为测定变质作用的温度和压力的地质温压计近代取得了重要的进展。大量地质温压计的数据应用于变质地带中的温度和压力的变化以及它们与相继出现的构造事件的联系，从而得出它的P—T—t轨迹。地质温压计的发展取决于：1.变质矿物和矿物对的电子探针分析和X光晶体分析数据；2.岩石学的热力学；3.相平衡变质反应实验，其中热力学是它的理论基础，相平衡反应实验是热力学的应用，而分析数据则是在这一范围内的必要的鉴定温度和压力的数据。

近代认为地质温压计的划分应以变质反应的特性及其控制为前提。一般分为，Ⅰ.固体溶液参与的反应，其中又分为1.变换反应（包括晶内和晶间交换），2.非交换反应；Ⅱ.固定组分参与的反应，其中又分为1.固溶分解反应，2.固体—固体反应。

地质温压计的研究切记不要照搬照套。工作中主要应注意：1.不同原岩组分对矿物组合的影响，注意其再现性和差异性；2.审慎选择时行的温压计；3.应结合变质地区中等变质级及其它数据并与其区内的其它温压计对比。

## 一、地质温压计的概述

用变质矿物共生组合和矿物特征来测定变质岩石体系的温度、压力和其它强度参数的工作，通过电子探针和X光晶体分析取得了重要的进展，并逐渐形成了一门地质温压计学，在我国有着广泛的应用。这一方面牵涉的问题较多，应用时常会遇到困难，出现偏差和失误。本文试图从一般基本原理和应用时应注意的问题出发，对不同类型的温压计作一些讨论。取材主要来自于Essene（1982）的地质温度计和压力计（Geologic thermometry and barometry），并参阅了有关工作，如Brown(1976), Guidotti & Sass, (1976), Holland (1983), Maruyama et al. (1986), Mueller & Saxena (1977), Perchuk(1977)，目的是加深对它们应用范围的了解，至于它们中的具体问题，可参阅有关文献，不在本文范围之内。

变质作用与沉积作用及火山作用不同，不能直接观察其成因。变质岩石学家只能从其变质作用中变质事件的产物进行推测，而变质矿物共生组合和矿物组分则是变质作用过程中的一种重要的见证。

*此文曾在有关内部刊物上登过，但不是全文，按作者意见，本刊予以全文发表，有些与原登稿件不符之处，以本次稿件为准。

维普资讯 http://www.cqvip.com



近30年来，变质岩石学的化学方面的研究在三个方面上获得了重要的成果：

1．化学和显微分析技术的应用，特别是在电子探针方面；

2．不可逆和可逆过程热力学的应用，特别是实验室中相平衡和热力学计算方面；

3．矿物的测温和测压计的应用方面。

其中化学热力学是它们的基础，三者——原理、实验和解析——使得近代岩石学家对于变质作用形成的环境和其控制(constraints)能进行深入的推断。

根据以上所取得的成就，出现了两个值得注意的方向：

1．变质作用的表示趋向于定量化，数学分析法越来越多地应用于化学热力学上；

2．变质作用过程中，随时间而变化的过程显得重要。过去变质作用条件的测定只是过程中的一个阶段，如同照片所代表的瞬间变化，而非全过程。目前变质作用的研究已由（$P,T,X_i\cdots$）扩大成为（$P,T,X_i\cdots,t$），把变质作用从静止状态（static state）的研究转向为动力状态（dynamic state)的研究。

这些方向的研究与变质作用的控制，包括地质和物化条件的资料有关，大量的分析和实验数据的取得是定量化的先驱，同时也是研究变质作用的动态过程的不可缺少的条件。而地质温压计的应用以及它们与地质环境的联系则起着把变质作用中的热力学（geo-thermodynamics）和动力学（geodynamics）相结合的纽带作用。

地质温压计研究始源于野外工作中变质带的研究，这是一个定性方面的工作，简单而又重要，其准确程度在几个Kb和100℃之内。第二阶段是变质相的研究，引入了热力学理论，并促使实验反应和热力学计算的成长。Bowen（1940）提出的岩石成因网系图（petrogenetic grid）可以看成是这一工作的基础，他指出：

‘…固体之间的反应…将与出现气体反应曲线穿切，……这样这两种类型相交的曲线在一般的P—T图上相切而形成网系（grid），我们称之为岩石成因网系图（petrogenetic grid）。在任何地区的岩石和矿床若具有必须的实验数据，都可在网系图上标定其确切的形成时的温度和压力。’（N.L.Bowen,1940,273—274页）。

进一步的发展，归功于可逆性（reversed）的实验反应热力学数据测定和电子探针及X光晶体分析，通过它们取得了大量的数据，促进了温度、压力和其它强度参数的标定（calibration）工作，初步形成了地质温压计学。它虽然仍处于起始阶段，但无疑地代表着一个重要方向。

地质温压计学有着三个方面的内容：（1）可逆实验反应的数据；（2）热力学计算；（3）化学分析、电子探针和X光晶体分析数据。三者形成有机联系，基础是热力学理论，实验反应和热力学计算是它的必要的措施，化学分析、电子探针测定和X光晶体分析的数据是前者的延续和补充，后者不应看成是一个独立的方向，若缺乏实验反应和热力学计算的前提，不顾及形成时的变质作用环境，简单地把一些数据套入某一图解中，则将会导致错误的推论。

维普资讯 http://www.cqvip.com



## 二、地质温压计应用时的几个注意问题

地质温压计的应用经常是选择变质地区中的一定的标本，按照地质条件进行有关的矿物组合和矿物组分的鉴定，通过所得的数据，在已定的实验反应范围内，用各种方法计算这一反应的分配系数$K_D$、组分活度$a_i$以及$\Delta V$和$\Delta S$等数值，建立起某些确定温度和压力的经验公式，用以标定温度、压力或其它强度参数，有时也可在已有较多资料的经典地区，进行某一矿物或其矿物组合的组分变化来研究其温度或压力的变化，用以和其它地区对比，例如用白云母的$b_0$值的测定来确定其压力范围（Guidotti和Sassi, 1976）等。在所有的情形下，有关矿物组合及其矿物组分的实验反应曲线是不可缺少的参考系的坐标。此外，生成矿物的有序—无序变化和变质期后的逆向反应（back-reaction）以及退化变质等也常有所反映，影响温度、压力和其它强度因素的测定。因此，在选择哪些矿物组合作为温压计时，对下列问题应加以注意：

**1. 实验反应方面**

实验反应曲线应具有可靠的可逆性的材料和生成矿物的确切数据。对反应不灵敏的矿物组合不能作为温压计，而对那些反应过于灵敏的矿物组合也应考虑到有杂质的加入，影响其温度、压力的测定。

一般最好不用反应曲线的外延（extrapolation）部分作为温压计的依据。同一可逆性反应曲线，各家所测定的往往不完全一致，其斜率有些差别，而其平衡的轨迹概率函数又往往是未知，因此其外延部分越大，误差也就越大。超出变质反应的高压反应曲线，若外延至变质压力范围内，常不能反映真正的变质压力，有些超高压下的钠长石＝硬玉＋石英的反应，应用时应注意。

热力学计算是一个有效工具，目前有较多的这一方面的计算（Perchek, 1979等）。计算时要有较为准确的热力学数据。一般情况下，$\Delta S < -1$ cal/mole°K，$\Delta V < 2$cc/mole时，不能作为温压计（Essene, 1982）。

**2. 矿物方面**

矿物组合和矿物本身能反映温压条件并可用于标定工作者，首先必须处于相同的岩石组分，否则即不能用作温压计，白云母的$b_0$值可作为例证（Sassi和Scolari, 1974）。因此，应对不同岩石组分中同一矿物组合进行多次测定，以保证其重复性（reproducibility）以及岩石组分对它们的影响。

在一些情况下，人工合成的矿物与自然界中出现的矿物有区别，如人工合成的蓝闪石Ⅰ型和Ⅱ型（Evnst, 1961），与自然界中的蓝闪石不同，应用时应充分考虑到这一方面的问题。

矿物的有序—无序变换（order-discorder transition）常有可能是一种与温度或压力有关的量度，有时有些无序的变质矿物是在变质作用降温阶段时重新改变的或是后期混合岩化作用中形成的。测定这一类矿物时必须要了解其矿物体系的性质和变质作用的地质环境。对于长石测温计来说，应有有序度的数据，但它们的推断在中级变质作用范

维普资讯 http://www.cqvip.com



围是一个困难问题。

地质温压计的一个重要问题是当它们受后一变质事件的降温作用或退化变质时的影响所出现的变化。这时矿物组合不能用平衡反应来解释，有些情况如异常的低温和压力的数值出现于韧性剪切带中，或者不同的矿物组合穿切于前期中型劈理之中，或者是混合岩化作用的产物，这些是比较能区分的，但也有些情况，仅由于扩散，而没有矿物方位变化的重结晶出现时，这种化学反应的重新调整则不易区分。

## 三、几个主要地质温压计类型的叙述

地质温压计基本可按照变质反应类型来划分。变质反应中的固体溶液反应（solid solution reactions）是地质温压计的主要类型，由于相似的元素出现了相互置换，有关组分的变化相应地出现了组分的活度（$a_i$）以及分配系数（$K_D$）的变化，它们在很多情况下，都直接和温度、压力以及其它强度参数（intensive parameter）有关，并可分为若干不同的类型。固定组分反应（fixed component reactions）则由于矿物组分固定，无固体溶液存在，因而单变量反应曲线不易确定，作为地质温压计来说，其应用不如前者广泛。另外，从反应中矿物的物态看，去水反应（dehydration reaction）或挥发组分反应（volatile reactions）由于有流体相的参与，使得温压计的应用出现了复杂现象。去水反应中，一般认为$P_f = P_s$，$H_2O$处于流通状况，在有多组分的流体相中，它们在变质作用时的逸度必须考虑（Ferry和Burt，1982）。有些地区，变质作用时的$P_f \neq P_s$，以及$H_2O$的活度有所减少时，$\mu H_2O$也应考虑。因此，应用时要注意其地质环境。若同一岩石中有较多的矿物的独立反应，它们之间的比较也可找出液体相的组分和每一组分的逸度。一般来说，它们较多地用于温度计，低温时也可用于压力计。固体—固体反应可用于温压计，但主要用于测定压力。

从地质温压计方面考虑，似应以组分变化的反应为主，物态变化的反应居第二位。由此，它们可划分为：

Ⅰ．固溶体反应（solid solution reactions）

1．交换反应（exchange reactions）

2．非交换反应（non-exchange reactions）

Ⅱ．固定组分反应（fixed components reactions）

1．固溶体分解反应（solvi reactions）

2．固体—固体反应（solid-solid reactions）

上述类型Ⅰ中可包括去水（挥发组分）反应和固体—固体反应。兹分述于下。

**Ⅰ．固溶体反应型**

这一类型中，常见的元素的置换有Na－K，Mg－$Fe^{2+}$－(Mn)，Al－$Fe^{3+}$－(Cr)等，进一步又可分为：

1．交换反应温度计（exchange thermometry）

交换反应温度计指在固溶体反应中，出现有相似的元素在生成矿物内部（intracry-

维普资讯 http://www.cqvip.com



stalline）或矿物之间（intercrystalline）进行交换，而不失去原有反应矿物的面貌。交换反应的特点是体积变化$\Delta V$小，而熵的变化$\Delta S$大，因此，它们主要依赖于温度变化，可用于温度计。进一步还可分为：

a．晶体内交换反应温度计（intracrystalline exchange thermometry）

一个固溶体矿物（$c_1, c_2$）$^\theta$，$c_1$和$c_2$二元素分布于$\theta$晶体结构中的$\alpha$和$\beta$位置（sites），晶体内交换反应为：

$$c_1-\alpha+c_2-\beta=c_1-\beta+c_2-\alpha \quad \overleftrightarrow{\;\theta\;}$$

$\theta$在反应中不变。反应的温度和压力与它们的分配系数（distribution coefficient）$K_D$有关，

$$K_D=\frac{X_{c_1-\beta}\cdot X_{c_2-\alpha}}{X_{c_2-\beta}\cdot X_{c_1-\alpha}}$$

有时$K_D$又称为有序参数（ordering paramecers），若在有组分的活度（activity）时，

$$K=\frac{a_{c_1-\beta}\cdot a_{c_2-\alpha}}{a_{c_2-\beta}\cdot a_{c_1-\alpha}}$$

一般来说，这一温度计在低温时显著，在高温时减弱。常见的有：（1）长石中Al在$T_1$和$T_2$位置的交换；（2）辉石中Fe和Mg在M（1）和M（2）位置的交换（Saxena和Ghose，1971）。由于晶体内部置换的距离很小，扩散易进行，变质后期的降温阶段和退化变质可在无任何重结晶痕迹下进行，所以这一类型往往不能反映出变质作用的高峰期，更多地指出下降的趋向，或者降温的速度计。

b．晶体间的交换反应温度计（intercrystalline exchange thermometry）

这一类型的交换反应可表现为：

$A_{c_1}+B_{c_2}=B_{c_1}+A_{c_2}$ A，B为二交换矿物，$c_1$和$c_2$为交换元素。

常用的交换平衡端元方程（T、P＝常数时）为：

$$\triangle H^\circ-T\triangle S^\circ+(P-1)\triangle V+RT\ln K_D+RT\ln K_r=0$$

$\triangle V$一般很小，因此，这一方程可作为温度计，$K_D$为分配系数，

$$K_D=\frac{X^B_{c-1}\cdot X^A_{c-2}}{X^A_{c-1}\cdot X^B_{c-2}}$$

$K_r$是$c_1$和$c_2$的活度系数（activity coefficient）之比。这一方程中$\triangle H^\circ$、$\triangle S^\circ$和$K_r$为已知，温度依赖于$K_D$。

Mg－Fe是这一类型中常用的一种反应。应用时注意有否其它组分的混溶和$Fe^{2+}$与$Fe^{3+}$的测定。对实验反应的外延的准确性，特别是高温向低温外延应加以注意。常用的有：

(i) 石榴石—单斜辉石温度计：一般用于高温，特别是在麻粒岩相中。

镁铝石榴石＋钙铁辉石＝铁铝石榴石＋透辉石

$$\frac{1}{3}Mg_3Al_2[SiO_4]_3 + CaFe[SiO_3]_2 = \frac{1}{3}Fe_3Al_2[SiO_4]_3 + CaMg[SiO_3]_2$$

见于含石榴石的麻粒岩、斜长角闪岩、杆栏岩、以及榴辉岩等。有多种公式，较好的为Ellio和Green（1979）。应用时注意其原岩组分和可能出现的退化反应。用于榴辉岩时，大部分都处于高温的外延部分，数据不一定可靠，和蓝闪石片岩在一起的C—型榴辉岩，根据Rahaim和Green（1975），若绿辉石（硬玉分子＞35%）为有序时，不能用于标定。

（ii） 石榴石—黑云母温度计：经常应用于低级—中级变质作用，本身有较多的实验反应（Ferry和Spear，1979等）以及野外证据。交换反应为：

金云母＋铁铝石榴石＝铁云母＋镁铝石榴石

$$KMg_3[Si_3AlO_{10}](OH)_2 + Fe_3Al_2[SiO_4]_3 = KFe_3[Si_3AlO_{10}](OH_2) + Mg_3Al_2[SiO_4]_3$$

一般用于低Ca和Mg的石榴石和低$T_i$的黑云母。黑云母的$Fe^{3+}$近25—30%时，亦能降低其温度值。一般不用于高级变质作用。

其它如石榴石—堇青石、石榴石—十字石温度计等可参阅有关文献（Perchuk，1977）。

2．非交换反应温度计

非交换反应温度计指在固体反应中，固溶体矿物出现于反应的两侧，它们分别代表不同的矿物相，不具有相同的晶体构造，例如：常见的为：

$A_{c_1} + \cdots = B_{c_1} + \cdots$，如

堇青石＝铁铝石榴石＋矽线石＋石英

它们平衡反应方程有时可表示为：

$$\triangle H^\circ - T\triangle S^\circ + (P-1)\triangle V + RT\ln K + RT\ln K_r = 0$$

$K$为配分系数（partition ocefficient）

$$K = \frac{x^B_{c_1}}{x^A_{c_1}}$$

$\triangle V$有变化，平衡组分与温度和压力有关，视反应而定。

a．石榴石—堇青石—矽线石—石英温压计

应用较普遍，用于中—高级变质作用，特别是堇青石麻粒岩中。实验反应（Henson Green，1973，Newton和Wood，1979）为：

铁堇青石＝铁铝石榴石＋矽线石＋石英

$$3Fe_2Al_3[AlSi_5O_{18}] = 2Fe_3Al_2[SiO_4]_3 + Al_2SiO_5 + SiO_2$$

Fe，Mg可互换。所得的实验数据不完全一致，与$P_{H_2O}$及堇青石在无水和含水的堇青石中的活度等问题有关，此外人工合成的堇青石与自然界中的堇青石亦有区别。Newton等（1979）的工作具有较好的压力校正数据。

维普资讯 http://www.cqvip.com



b．白云母—黑云母—石榴石/十字石温度计

常用于低—中级变质作用，反应（Guidotti，1970）为：

铁绿泥石＋白云母＝石榴石＋黑云母＋富钠白云母＋$H_2O$

或 镁绿泥石＋白云母＝十字石＋黑云母＋富镁绿泥石＋富钠白云母＋$H_2O$

它们是一种复杂的滑移反应（sliding reaction），绿泥石与白云母反应出现了黑云母，影响了白云母中K和Na的置换。Na/Na＋K可作为温度升高的标定。在含Al多的岩石中，有斜长石伴生而无$Al_2SiO_5$时，可作为温度计。

c．钠质角闪石—钙质角闪石温压计

用于中—低级变质作用中。反应（Brown，1974）为：

青铝闪石＋绿帘石＋$H_2O$＝钙质角闪石＋钠长石＋绿泥石＋氧化铁

这一反应属于玄武岩体系内的缓冲反应。在有钠长石、绿泥石和氧化铁的参与下，钙质角闪石中的青铝闪石$Na_2(Mg,Fe^{2+})_3Al_2(Si_4O_{11})_2(OH)_2$分子可作为温压计，用$NaM_4-Al^{IV}$的图解可大致表示其压力，$NaM_4$为角闪石计算公式中的$M_4$的Na（Papike等，1976）。

**Ⅱ．固定组分反应型**

固定组分反应型指在实验中出现的矿物相具有固定组分，相互之间无交换。从原则上看，这一类型的温压计，简单易行，只须确定其矿物组合，再参考其反应曲线，即可得出其温压轨迹，但应用上有较多困难，主要是由于缺少固溶体反应，单变量曲线很难确定。矿物中杂质的加入影响其鉴定，还有反向反应，例如高压的文石变为方解石等。因此，这一类型的重要程度较差。用时最好有有序—无序资料。

1．固溶体分解反应温度计（solvus thermometry）

这一反应是某些固溶体矿物在某一温度变化内出现组分间断(compositional gap)，测定其不混溶组分即可推定其温度。一般来说，低温时不适用，反应不够理想。

a．长石的三元体系

这是一个人们熟悉的测温计，Barth（1957）开始用钠长石分子在钾长石与斜长石中的比例来测定温度。Stormer（1975）曾用于高温方面，并对碱性长石的非理想性和压力作了讨论。但高温方面常遇到长石中的条纹和各种后期的混合岩化钾交代的现象，用时不够理想。低温方面（450—550℃）应用时与方解石—白云石温度计相比约低50℃左右（Nesbitt和Essene，1982）。

b．方解石—白云石温度计

这一温度计是在方解石—白云石体系中用方解石中镁的含量来测定温度，实验本身有较好的可逆性（Goldschmidt和Newton，1969）。一般来说用于低级变质作用。用于高级变质时，温度偏低，仅达400℃左右（Valley和Essene，1980），可能与化学反应的重新调正有关。

c．白云母—钠云母温度计

这一方面的计算见（Thompson 1974，Guidotti和Sassi，1976）有关文献。用于

钠质白云母＋石英＝富钾白云母＋钠长石＋$Al_2SiO_5$＋$H_2O$

维普资讯 http://www.cqvip.com



在白云母—斜长石—$Al_2SiO_5$组合中，测定白云母中的Na/Na+K值。这是一个较好的温度计，但应注意压力对温度的影响，白云母—钠长石的固溶分解曲线可能为：

$T_C = 768.8 + 31.00(\pm 5)P(Kb)$ （Euguster等，1972）。此外，$H_2O$的活度$a_{H_2O}$亦应有所考虑。

2．固体—固体反应温压计（solid-solid reaction thermobarometry）

这一反应一般来说用于压力计的较多。有时矿物中出现外加的固体溶液组分时，对于温压计更有利，特别是可扩大其压力测定范围，常用的平衡反应方程是：

$$\triangle H^\circ - T\triangle S^\circ + (P-1)\triangle V + RT\ln K = 0$$

$\ln K = \sum v_i \ln a_i$，$v_i$是化学反应中相的组分i的化学计量系数（形成矿物为+号，反应矿物为−号），其它符号见前。如有外加的固溶体矿物参与时，应考虑其固溶体组分的影响，进行有关测定。

a．硬玉—石英压力计

用于高压范围内，反应为：

钠长石＝硬玉＋石英

$NaAlSi_3O_8 = NaAlSi_2O_6 + SiO_2$　　(Holland，1980)

钠长石为高温长石，实验范围为1200—600℃，P与T的关系为：

$P = 0.35 + 0.0265T(℃) \pm 0.50Kb$

用于低温时应注意其外延部分的可靠性。钠长石在低级变质作用中（T＜500℃）应注意其有序—无序变换的影响。

自然界中常见的是硬玉质辉石和石英的反应（Holland，1983）。硬玉质辉石常为霓辉石[$NaFe(Si_2O_6)$]—硬玉[$NaAl(Si_2O_6)$]—透辉石[$CaMg(Si_2O_6)$]的有限固溶体的系列。硬玉和透辉石的二元系列比较复杂，一般测定其压力时，应考虑到它们的组分、活度、有序度以及钠长石的有序度。

b．石榴石—斜长石—$Al_2SiO_5$—石英温压计

较广泛用于中—高级变质作用的泥质岩石中的石榴石—斜长石—$Al_2SiO_5$—石英组合。端元反应为：

钙长石＝钙铝石榴石＋矽线石＋石英

$CaAl_2Si_2O_8 = Ca_3Al_2(SiO_4)_3 + Al_2SiO_5 + SiO_2$　　(Ghent，1976)

用于石榴石及斜长石的各种模式。当T＞600℃时所测定的数据与其它温压比较相近（Newton和Haselton，1981）。应注意△V的测定，石榴石中钙铝石榴石分子少时的偏差以及钙铁石榴石分子的活度的不准确性。

用矿物组合进行挥发组分的测定和用矿物组合某些测定在已知地区中进行温度和压力的大致比较，例如白云母的$b_0$值测定，此处因篇幅故，不再赘述。

地质温压计已成为近代温压测定的不可缺少的工具，但作为精细测定时仍存在不少问题，需要加以细心的观察和应用。应用时要注意：（1）地质背景和其控制；（2）原岩组分的影响，包括相同组分的再现性和不同组分的差异性；（3）挥发组分的影响；（4）固溶体矿物中组分和活度的关系；（5）实验数据、热力学计算的结果和误差校

维普资讯 http://www.cqvip.com



正；（6）根据等变质带和综合性温压计的应用得出较为可靠的数据。

目前，变质温压计的工作虽然已有一定的基础，但由于变质作用的控制较多，研究仍处于初步阶段。切忌简单套搬。

## 参 考 文 献


〔1〕Brown, E. H., 1977, The crossite content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism. J. Petrol., 18, 53—72.

〔2〕Ellis, D. J. and Green, D. H., 1979, An experimental study of the effect of Ca upon garnet-clinopyroxene exchange equilibria. Contrib. Mineral. Petrol. 71, 13—22.

〔3〕Essene, E. J., 1982, Geologic thermometry and barometry. Reviews of Mineralogy, vol. 10, 153—206. Mineralogical Soc. of America, Washington. D. C.

〔4〕Ghent, E. D., 1976, Plagioclase—garnet—$Al_2SiO_5$—quartz: a potential geobarometer—geothermometer. Am. Mineral. 61, 710—714.

〔5〕Guidotti, C. V. and Sassi, F. P., 1976, Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists. N. Jb. Miner. Abh. 127. 2, 97—142.

〔6〕Henson, B. J., 1977, Cordierite—garnet bearing assemblages as geothermometers in granulite facies terranes. Tectonophysics, 43, 73—88.

〔7〕Henson, B. J. and Green, D. H., 1973, Experimental of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions of high pressures and temperatures. Contrib. Mineral. Petrol. 38, 151—166.

〔8〕Holland, T.J.B., 1983, The experimental determination of activities in disordered and short—range ordered jadeitic pyroxenes. Contrib. Mineral. Petrol. 82, 214—220.

〔9〕Nesbitt, E. E. and Essene, E. J., 1982, Metamorphic thermometry and barometry of a portion of the Southern Blue Ridge Province. Am. J. Sci. 282, 701—729.

〔10〕Newton, R.C. and Haselton, H.T., 1981, Thermodynamics of the garnet—plagioclase—$Al_2SiO_5$—quatz geobarometer. Thermodynamics of Minerals and Melts. ed. Newton, R.C., Navrovsky, A. and Wood, B.J., Springer—Verlag, New York. 129—145.

〔11〕Newton, R.C. and Wood, B.J., 1979, Thermodynamics of water in cordierite and some petrologic sequences of cordierite as hydrous phase. Contrib. Mineral. Petrol. 68, 391—405.

〔12〕Peruchuk, L.L., 1977, Thermodynamical control of metamorphic processes. Energetics of Geological Processes, ed. Saxena, S.K. and Bhattacharji, S. Springer—Verlag, New York, 285—352.

〔13〕Sassi, F.P. and Scolari, A., 1974, The bo value of the potassic white micas as a barometric indicator in low—grade metamorpgism of pelitic schists. Control. Mineral. Petrol. 45, 143—152.

〔14〕Saxena, S.K., 1973, Thermodynamics of Rock—Forming Crystalline Solutions. Springer-Verlag, New York.

维普资讯 http://www.cqvip.com



# THE GEOTHERMOBAROMETRY IN METAMORPHISM

Dong shenbao

*(Department of Geology, Beijing University)*

**Abstract**

The study of the geologic thermometry and barometry, estimates of metamorphic temperatures and pressures, has been in progress. Voluminous geothermobarometric data have made available to demonstrate the context of the temperature pressure variation with the successive structural events within an metamorphic belt, as shown by its P－T－t path. The development of the geothermobarometry relies on: 1)the electron microbe analysis and X－ray crystallographic measurements of the metamorphic mineral and mineral pairs; 2) application of thermodynamics to petrology; and 3) laboratory phase equilibrium experiments involving metamorphic reactions, among which the thermodynamics acts as the foundation, the phase equilibrium experiments are regarded as the applications of the thermodynamic process, and the microtechnic analysis the necessary requisites for the evaluation of the temperature and pressure within such framework in the geothermobarometry.

Current opinion on the classification of the types of geothermobarometry largely follows the nature and the constraints of the metamorphic reactions. They are: I. metamorphic reactions involving solid solution, which may be subdivided into 1) exchange reactions consisting of the intra－and inter－crystalline dxchanges; and 2) non－exchange reactions; II. metamorphic reactions involving fixed composition, which may be divided as 1)solvi reactions; and 2)solid-solid reactions.

Careful works must be done much more than plug in the number or read off the graphs. One should test the individual geothermobarometers by:1) making repeated measurements on the same assemblage in variable bulk compositions to ensure the reproducibility and the effects of variable compositions; 2) choosing cautiously the current fashionable geothermobarometers; 3) running calibrations against other thermobarometers and comparing with the informations on the isograde or other data collected from the metamorphic terrains.